

## Determinação Simplificada da Umidade do Solo Visando o Manejo de Irrigação em Hortaliças





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Hortaliças  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

## **BOLETIM DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO 155**

# Determinação Simplificada da Umidade do Solo Visando o Manejo de Irrigação em Hortaliças

*Marcos Brandão Braga  
Italo Moraes Rocha Guedes  
Juscimar da Silva  
Carlos Eduardo Pacheco Lima*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na

**Embrapa Hortaliças**

Rodovia BR-060, trecho Brasília-Anápolis, km 9  
Caixa Postal 218  
Brasília-DF  
CEP 70.351-970  
Fone: (61) 3385.9000  
Fax: (61) 3556.5744  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac  
www.embrapa.br

Comitê Local de Publicações  
da Embrapa Hortaliças

Presidente  
*Jadir Borges Pinheiro*

Editora Técnica  
*Mariana Rodrigues Fontenelle*

Secretária  
*Gislaine Costa Neves*

Membros  
*Carlos Eduardo Pacheco Lima*  
*Raphael Augusto de Castro e Melo*  
*Ailton Reis*  
*Giovani Olegário da Silva*  
*Iriani Rodrigues Maldonado*  
*Alice Maria Quezado Duval*  
*Jairo Vidal Vieira*  
*Rita de Fátima Alves Luengo*

Supervisora Editorial  
*Caroline Pinheiro Reyes*

Normalização bibliográfica  
*Antônia Veras de Souza*

Tratamento das ilustrações  
*André L. Garcia*

Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica  
*André L. Garcia*

Foto da capa  
*Marcos Brandão Braga*

1ª edição  
1ª impressão (2018): 1.000 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Hortaliças

---

Determinação simplificada da umidade do solo visando o manejo de irrigação  
em hortaliças / Marcos Brandão Braga ... [et al.]. - Brasília, DF: Embrapa  
Hortaliças, 2017.

25 p. : il. color. ; 21 cm x 27 cm. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento /  
Embrapa Hortaliças, ISSN 1677-2229 ; 155).

1. Umidade do Solo. 2. Irrigação. 3. Hortaliça. I. Braga, Marcos Brandão. II.  
Guedes, Ítalo Moraes Rocha. III. Silva, Juscimar da. IV. Lima, Carlos Eduardo  
Pacheco. V. Embrapa Hortaliças. VI. Série.

CDD 631.7

## Sumário

Resumo .....	7
Abstract .....	8
Introdução.....	9
Material e Métodos .....	11
Resultados e Discussão .....	13
Conclusões.....	18
Referências .....	18



# Determinação Simplificada da Umidade do Solo Visando o Manejo de Irrigação em Hortaliças

*Marcos Brandão Braga*<sup>1</sup>

*Italo Moraes Rocha Guedes*<sup>2</sup>

*Juscimar da Silva*<sup>3</sup>

*Carlos Eduardo Pacheco Lima*<sup>4</sup>

**Resumo** – Este trabalho teve como objetivo adequar uma metodologia de baixo custo e de fácil manuseio para a determinação da umidade do solo para fins de manejo de irrigação no cultivo de hortaliças. Para tanto, foram coletadas amostras de solo na área de cultivo com hortaliças na área experimental da Embrapa Hortaliças-DF e no Instituto Federal Goiano (IFGO ) campus do Morrinhos-GO em 2013. As amostras foram levadas ao laboratório de irrigação da Embrapa Hortaliças, onde foram realizados os testes e as adaptações da metodologia. Os resultados mostraram que a metodologia adaptada apresentou boa precisão e fácil manuseio.

**Termos para indexação:** água no solo, método das pesagens, manejo de água.

---

<sup>1</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Irrigação, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF

<sup>2</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF

<sup>3</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF

<sup>4</sup> Engenheiro ambiental, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF

## Simplified Determination of Soil Moisture for Irrigation Management in Vegetables

**Abstract** – This study aimed to adapt a low-cost and easy methodology to determine and estimate soil moisture in irrigated cultivation of vegetables. For this purpose, soil samples were collected in the cultivation areas at Embrapa Hortaliças-DF and at Instituto Federal Goiano (IFGO) Morrinhos-GO campus in 2013. The samples were taken to the irrigation laboratory of Embrapa Hortaliças where tests of the methodology and its adaptations to the two areas were carried out. The results showed that the adapted methodology obtained good accuracy and is easy to handle.

**Index terms:** Water content in soil; irrigation management; weighing method.

## Introdução

---

O monitoramento regular da umidade do solo (Us) é fator primordial para o manejo racional da água de irrigação, tanto para estabelecer o momento de irrigar quanto para determinar a lâmina de água a ser aplicada. Ao longo do tempo foram desenvolvidas diversas metodologias e equipamentos para a determinação da umidade do solo, que define o teor de água existente no solo. Entre eles, existe grande variação de precisão, de custo e praticidade.

Entre os métodos para determinação da umidade do solo, o gravimétrico direto (padrão de estufa) é o mais preciso e utilizado como padrão para a calibração de outros métodos (Bernardo et al., 2006). Por meio desse método, o teor de água no solo é determinado de forma direta e seu valor expresso em percentagem de umidade em massa (base seca - massa de água/massa de solo) ou em volume (base volumétrica – volume de água/volume de solo). Porém, Klaus e Timm (2012) assim como Marouelli et al. (2011) relatam que o principal fator limitante do método gravimétrico direto para fins de manejo de irrigação é não permitir que a umidade do solo seja determinada de forma rápida, pois requer balança de precisão e um tempo em estufa de secagem, com tempo que pode variar de 24 a 72 horas, a depender do tipo de solo, para a obtenção do resultado final. Esse intervalo é, em geral, demasiadamente longo para a tomada de decisão sobre quando e quanto irrigar, principalmente em cultivos de hortaliças que muitas vezes requerem uma ou mais irrigações por dia.

Para maior agilidade na estimativa da umidade do solo existem atualmente no mercado diversos equipamentos e sensores, tais como blocos de gesso (resistência elétrica); reflectometria no domínio do tempo (TRD), sensores capacitivos (constante dielétrica); sonda de nêutrons (moderação de nêutrons); o tensiômetro e o Irrigas® (retenção de água no solo) (Klaus e Timm, 2006; Marouelli et al., 2011). Um dos equipamentos mais difundidos no mundo é o tensiômetro, porém seu uso exige que se conheça o funcionamento do equipamento e bastante habilidade no seu manuseio, o que tem limitado sua adoção por parte de muitos produtores irrigantes, como relatam Braga e Calgaro (2010). Um outro equipamento utilizado, o Irrigas®, é uma tecnologia bastante simples e acessível, mas sua precisão depende

muito do manuseio e sua instalação na lavoura requer cuidados semelhantes àqueles do tensiômetro.

Ainda que alguns equipamentos forneçam leituras diretas de umidade do solo, as mesmas são estimadas indiretamente, pelo próprio equipamento, a partir de propriedades do solo relacionadas a sua capacidade de retenção de umidade pelo solo. Por ser a umidade determinada indiretamente, a utilização de tais tipos de equipamentos está associada à necessidade de calibrações, realizadas com o intuito de incrementar a precisão nas estimativas da umidade, e são realizadas para condições particulares de cada solo (Costa et al., 2014).

O uso de calibrações genéricas de equipamentos vindo da fábrica deve ser evitado, pois pode acarretar erros significativos na determinação da umidade do solo. Ademais a grande maioria desses equipamentos apresenta alto custo unitário, além de a maioria exigir a instalação de vários sensores por área e requerer mão-de-obra qualificada (Marouelli et al., 2011).

Um dos equipamentos mais difundidos no mundo é o tensiômetro, porém seu uso exige conhecimento dos princípios de funcionamento e habilidade no seu manuseio, o que tem limitado sua adoção por parte de muitos produtores irrigantes, como relatam Braga e Calgaro (2010). Outro equipamento bastante utilizado é o Irrigas<sup>®</sup> pois é uma tecnologia bastante simples e acessível, mas sua precisão depende muito do manuseio e sua instalação na lavoura requer cuidados semelhantes àqueles do tensiômetros. Ressalta-se também que o Irrigas<sup>®</sup> não permite uma estimativa adequada do teor de água no solo, essencial para determinar a quantidade de água a ser aplicado à área por ciclo de irrigação.

Marouelli et al. (2011) relatam que a maioria das tecnologias para o manejo da água de irrigação são dispendiosas, complexas e trabalhosas, e que os equipamentos para a medição da umidade do solo são de difícil adoção pela maioria dos produtores. Além disso, boa parte dos equipamentos presentes no mercado não está prontamente acessível a grande maioria dos produtores de hortaliças (Marouelli et al., 2008).

Klar et al. (1966), citados em Klar (1984), propuseram uma metodologia que permite estimar a umidade do solo baseado no conhecimento de que

quanto maior o teor de água em uma amostra de solo, menos água será necessária para preencher um determinado volume de controle e vice-versa. Esta metodologia, chamada de método das pesagens, tem mostrado boa precisão embora seja passível de melhorias, principalmente pela utilização de recursos não disponíveis à época em que foi desenvolvida. Ao contrário do método padrão de estufa, possibilita que a umidade do solo seja estimada logo após a retirada da amostra (Klar, 1984). O método das pesagens, conforme proposto por Klar et al. (1966), requer o uso de balança de alta precisão e pode apresentar erros significativos na determinação da umidade de solos caso não se corrija os valores da densidade de partículas do solo ( $D_p$ ), normalmente usa-se  $2,65 \text{ g/cm}^3$ .

O objetivo do presente trabalho foi adaptar o método das pesagens utilizando-se recursos tecnológicos ausentes na metodologia original, visando dar maior praticidade à determinação da umidade do solo, possibilitando determinações rápidas e de fácil utilização pelo produtor, além de possibilitar uma precisão suficiente para a realização de um manejo adequado da irrigação.

## Material e métodos

---

Os trabalhos foram realizados na Embrapa Hortaliças, Distrito Federal, Brasil, e também no Instituto Federal Goiano (IFGO) campus Morrinhos-GO, nos anos de 2012 e 2013. Os solos utilizados nos estudos foram classificados como Latossolo Vermelho distrófico típico (Embrapa Hortaliças) e Latossolo Vermelho escuro (Morrinhos-GO), fase cerrado (Santos et al., 2006) que apresentaram classes texturais variando entre franco argilosa, argila, a muito argilosa (Tabela 1).

Primeiramente, foram coletadas seis amostras de solo nas profundidades de 0,10 m, 0,20 m, 0,30 m e 0,40 m, totalizando 24 amostras, em uma área de cultivo de repolho de aproximadamente 0,5 ha na Embrapa Hortaliças e de 2000 m<sup>2</sup> de cultivo com tomate indústria no IFGO - campos Morrinhos-GO. As amostras de solo foram retiradas e homogeneizadas no próprio campo formando amostras compostas de mesma profundidade, posteriormente foram acondicionadas em sacos plásticos de 2,0 kg. Cada amostra composta foi resultante da mistura de seis amostras simples retiradas em pontos

**Tabela 1.** Composição granulométrica e classe textural dos solos da área experimental da Embrapa Hortaliças e do IFGO – Morrinhos-GO, nas diferentes profundidades amostradas. Brasília-DF.

Solo Embrapa Hortaliças	Profundidade (m)			
	0,10	0,20	0,30	0,40
Argila (%)	68,2	59,9	66,3	58,8
Silte (%)	18,9	27,1	21,1	28,7
Areia fina (%)	5,2	5,4	5,3	5,1
Areia grossa (%)	7,7	7,6	7,3	7,4
Classe textural	Muito argiloso	Argila	Muito argiloso	Argila
Densidade solo (g/cm <sup>3</sup> )	1,0	1,0	1,1	1,15
Solo IFGO – Morrinhos	Profundidade (m)			
	0,10	0,20	0,30	0,40
Argila (%)	28,4	28,9	36,2	47,4
Silte (%)	32,5	32,1	27,4	17,4
Areia fina (%)	22,4	24,9	23,9	22,2
Areia grossa (%)	16,7	14,1	12,4	13,0
Classe textural	Franco argilosa	Franco argilosa	Franco argilosa	Argila
Densidade solo (g/cm <sup>3</sup> )	1,31	1,28	1,22	1,07

distintos da área, conforme recomendado por Claessen (1997). As amostras compostas foram transportadas ao Laboratório de Irrigação da Embrapa Hortaliças, onde uma pequena parte de cada amostra composta (alíquota) foram colocadas em latas de alumínio, pesadas e posteriormente levadas a estufa com temperatura entre 105 °C a 110 °C por 48 horas. Outras alíquotas foram coletadas para determinação da densidade do solo (Ds), conforme metodologia descrita em Claessen (1997).

Após a secagem das amostras, utilizou-se o método das pesagens (Klar et al., 1966) para se estabelecer os padrões de massa (pm) para cada profundidade do solo estudada, conforme metodologia descrita em Klar (1984) e Bernardo et al., (2006), sendo utilizado para tanto uma balança com duas casas decimais e precisão de 0,01 g, uma garrafa de vidro de 250 mL tipo “long neck”, em substituição ao erlenmeyer normalmente utilizado, e água de torneira.

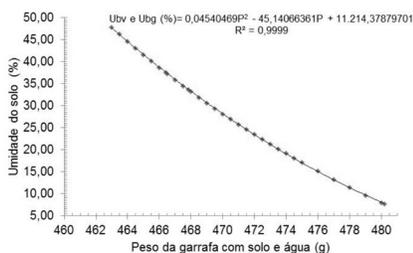
Para validação do modelo adaptado foram coletadas doze amostras simples de solo de maneira aleatória, na mesma área coletada anteriormente,

totalizando três amostras simples em cada uma das quatro profundidades. Para efeito de comparação, partes das amostras foram acondicionadas em latas de alumínio, pesadas e em seguida levadas a estufa para determinação da umidade gravimétrica pelo método padrão (U<sub>bg</sub>). As umidades com base em volume (U<sub>bv</sub>) foram determinadas através do produto entre U<sub>bg</sub> e D<sub>s</sub> (densidade aparente do solo), das referidas profundidades.

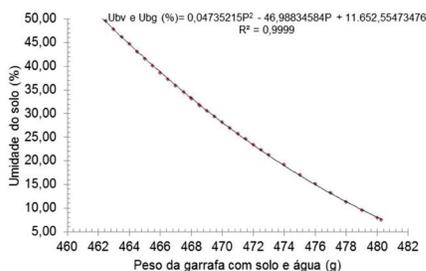
Posteriormente, com o auxílio de programas computacionais de planilhas eletrônicas foram geradas tabelas e as equações para a estimativa da umidade do solo. Estas foram aplicadas em duas situações: em um campo com cultivo de repolho na Embrapa Hortaliças, e outro com tomate tipo indústria na área experimental do IFGO-Morrinhos-GO. Para a validação de campo foram gerados dois kits práticos compostos de: garrafa de vidro de 250 mL (tipo long neck), garrafa de plástico para armazenar água e uma balança digital de precisão (0,1g) de pequeno porte e capacidade máxima de 500 g.

## Resultados e discussão

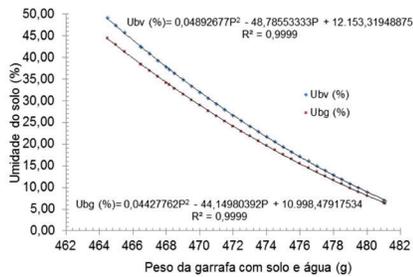
Nas Figuras de 1 a 4 observam-se os pontos amostrados com as equações de ajustes que estimam a umidade do solo nas profundidades de 0,10 m; 0,20 m; 0,30 m e 0,40 m, para as condições edáficas de solo da Embrapa Hortaliças-DF. Já as Figuras 5 a 8 mostram as mesmas relações, porém para o solo de cultivo no IFGO em Morrinhos-GO.



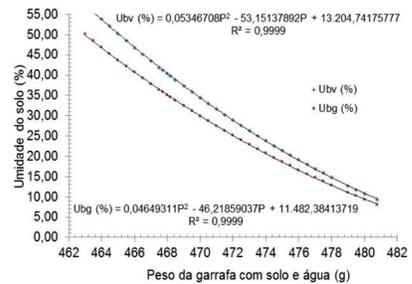
**Figura 1.** Relação umidade do solo versus peso da garrafa com solo e água, na profundidade de 0,10 m (Solo Embrapa Hortaliças).



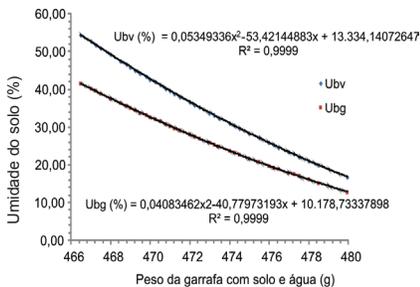
**Figura 2.** Relação umidade do solo versus peso da garrafa com solo e água, na profundidade de 0,20 m (Solo Embrapa Hortaliças).



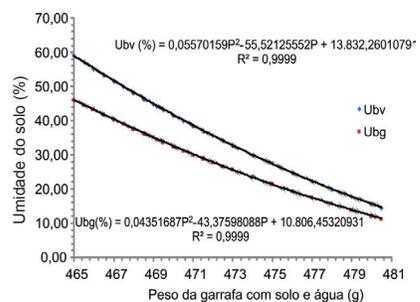
**Figura 3.** Relação umidade do solo versus peso da garrafa com solo e água, na profundidade de 0,30 m. (Solo Embrapa Hortaliças).



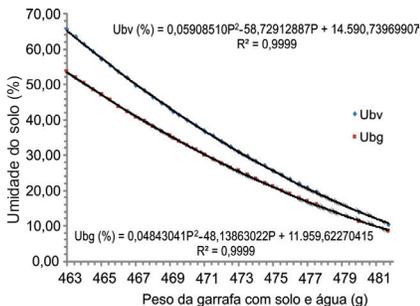
**Figura 4.** Relação umidade do solo versus peso da garrafa com solo e água, na profundidade de 0,40 m. (Solo Embrapa Hortaliças).



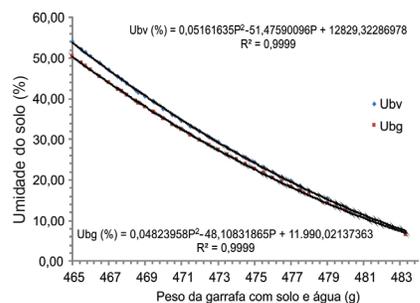
**Figura 5.** Relação umidade do solo versus peso da garrafa com solo e água, na profundidade de 0,10 m (Solo IFGO – Morrinhos).



**Figura 6.** Relação umidade do solo versus peso da garrafa com solo e água, na profundidade de 0,20 m (Solo IFGO – Morrinhos).



**Figura 7.** Relação umidade do solo versus peso da garrafa com solo e água, na profundidade de 0,30 m (Solo IFGO – Morrinhos).



**Figura 8.** Relação umidade do solo versus peso da garrafa com solo e água, na profundidade de 0,40 m (Solo IFGO – Morrinhos).

Ressalta-se que, para as condições do solo da Embrapa Hortaliças, para as profundidades de 0,10 m e 0,20 m, a densidade do solo ( $D_s$ ) foi igual a 1,0 g/cm<sup>3</sup>, e por isso uma mesma equação explica tanto a umidade em base de peso (umidade gravimétrica -  $U_{bg}$ ) como a em base de volume ( $U_{bv}$ ). Como a  $D_s$  para as profundidades de 0,30 m e 0,40 m foram iguais a 1,1 g/cm<sup>3</sup> e 1,15 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente, as curvas de ajustes para umidade em base de volume ( $U_{bv}$ ) e em base de peso ( $U_{bg}$ ) não coincidiram, sendo, portanto, diferentes (Figura 4 e 5). Já para as condições edáficas do IFGO em Morrinhos-GO as curvas e equações geradas foram diferentes entre si, para as  $U_{bg}$  e  $U_{bv}$ , uma vez que os valores das densidades do solo ( $D_s$ ) ao longo do perfil foram distintas.

De maneira geral, para todos as profundidades e tipos de solo, foi possível obter bom ajuste das equações, fato mostrado pelos valores de coeficientes de determinação ( $R^2$ ) muito próximo de 1, ressaltando que os modelos gerados conseguiram explicar os valores observados. Demonstrando que com o auxílio das equações pode-se estimar, com boa precisão, a umidade do solo, tanto em base volume ( $U_{bv}$ ) como em base de peso ( $U_{bg}$ ).

As Tabelas 2 e 3 mostram os resultados das amostras de solo coletadas para validação da metodologia proposta, usando as equações de ajustadas para cada situação. Nota-se que os valores das percentagens dos erros, dada relação da umidade gravimétrica estimada com auxílio das equações, foram todos inferiores a 5% (0,05) mostrando que a metodologia usada possui boa precisão na estimativa da umidade do solo.

**Tabela 2.** Relação entre umidade gravimetria ( $U_{bg}$ ) obtida usando o método padrão de estufa (MPE) e o método das pesagens proposto, para a condição da Embrapa Hortaliças – campo produção de repolho. Brasília-DF.

Profundidade (m)	<sup>(1)</sup> $U_{bg}$ (Mpd) (%)	Peso (G+Solo+água) (g)	<sup>(2)</sup> $U_{bg}$ Eq. (Mpes) (%)	Erro Equações (%)
0,10	34,42	467,59	34,36	0,06
0,10	34,56	467,85	33,66	0,90
0,10	34,47	468,02	33,21	1,26

(continua)

**Tabela 2.** Continuação.

Profundidade (m)	<sup>(1)</sup> Ubg (Mpd) (%)	Peso (G+Solo+água) (g)	<sup>(2)</sup> Ubg Eq. (Mpes) (%)	Erro Equações (%)
<b>Média</b>	<b>34,48</b>	<b>467,82</b>	<b>33,74</b>	<b>0,74</b>
0,20	34,56	467,69	34,10	0,46
0,20	34,12	467,88	33,59	0,53
0,20	34,20	467,35	35,02	-0,82
<b>Média</b>	<b>34,29</b>	<b>467,64</b>	<b>34,23</b>	<b>0,06</b>
0,30	35,73	468,07	34,04	1,69
0,30	35,38	468,01	34,21	1,17
0,30	35,45	468,00	34,23	1,22
<b>Média</b>	<b>35,52</b>	<b>468,03</b>	<b>34,15</b>	<b>1,37</b>
0,40	36,06	467,55	36,42	-0,36
0,40	36,06	467,45	36,69	-0,63
0,40	35,95	467,53	36,47	-0,52
<b>Média</b>	<b>36,02</b>	<b>467,51</b>	<b>36,53</b>	<b>-0,51</b>

<sup>(1)</sup>Ubg (Mpd) é a umidade gravimétrica pelo método padrão de estufa; <sup>(2)</sup>Ubg Eq. (Mpes) é a umidade gravimétrica estimada pelas equações geradas pelo método das pesagens.

G + solo + água = peso da garrafa com 100 g do solo e cheia com água.

O método não interfere nas práticas agrícolas do cultivo, uma vez que a prática a ser realizada é somente de tirar amostras de solo na profundidade efetiva do sistema radicular da planta, sem deixar nenhum equipamento no campo. Esse método permite não só a tomada de decisão de quando irrigar, mas também quanto irrigar, ou seja, possibilita calcular a lâmina de irrigação a ser aplicada, usando para isso as equações propostas em Bernardo et al. (2006).

Com o auxílio das equações obtidas do método das pesagens pode-se gerar tabelas correlacionando valores das pesagens das amostras (peso da garrafa contendo solo e água) com a umidade do solo, para a profundidade amostrada, possibilitando assim a tomada de decisão por parte do irrigante de maneira mais fácil.

**Tabela 3.** Relação entre umidade gravimétrica (Ubg) obtida através do método padrão de estufa (Mpd) e o método das pesagens proposto, para a condição da IFGO – campo com tomate indústria, em Morrinhos-GO, Brasília-DF.

Datas dos testes	Prof. (m)	<sup>(1)</sup> Ubg Mpd (%)	<sup>(2)</sup> Ubv Mpd (%)	Peso (G+água+Solo) (g)	<sup>(3)</sup> Ubg Eq. Mpes (%)	<sup>(4)</sup> Ubv Eq. Mpes (%)	Erro rel. (%)
12/07/2013	0,10	32,84	43,01	469,90	32,87	43,06	-0,10
12/07/2013	0,20	30,11	38,53	471,30	29,48	37,74	2,07
12/07/2013	0,30	27,95	34,09	471,50	28,93	35,29	-3,52
12/07/2013	0,40	28,46	30,45	472,90	27,63	29,56	2,92
16/08/2013	0,10	30,13	39,47	471,10	30,04	39,35	0,30
16/08/2013	0,20	29,13	37,29	471,80	28,31	36,24	2,81
16/08/2013	0,30	27,42	33,45	472,10	27,47	33,51	-0,16
16/08/2013	0,40	28,02	29,99	473,10	27,13	29,03	3,18

<sup>(1)</sup>Ubg Mpd é a umidade gravimétrica padrão estufa e <sup>(2)</sup>Ubv Mpd é a umidade base volume – determinadas pelo método padrão de estufa; <sup>(3)</sup>Ubg Eq. Mpes é a umidade gravimétrica e <sup>(4)</sup>Ubv Eq. Mpes é a umidade base volume, estimadas pelas equações geradas pelo método das pesagens. G + solo + água = peso da garrafa com 100 g do solo e cheia com água.

## Conclusões

---

– O método das pesagens mostrou-se adequado para estimativa da umidade do solo, para as condições do estudo.

– O método proposto é de baixo custo, fácil utilização e não requer treinamento específico para seu manejo, pois retirar amostras de solo e pesar todo produtor saber fazer.

## Agradecimentos

A Fundação de Apoio a Pesquisa do Distrito Federal (FAP-DF), processo número: 0193.002043/2017-20, pelo suporte financeiro.

## Referências

---

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, UFV, 2006. 625 p.

BRAGA, M.B.; CALGARO, M. **Uso da tensiometria no manejo de irrigação**. Embrapa Semiárido, 2010. 28 p. (Embrapa Semiárido. Documentos, 235). Disponível em: < <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/884330>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 1). Disponível em: < <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/330804>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

COSTA, B. R. S.; CORREIA, J. S.; BASSOI, L. H. Calibração do sensor de capacitância IRRIGAP para medida da umidade em solo de textura franco argilosa. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 2014, São Carlos, SP. **Anais do SIAGRO: ciência, inovação e mercado 2014**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2014. Disponível em: < <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1004787>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

KLAR, A. E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. São Paulo: Livraria Nobel, 1984. 408 p.

KLAR, A. E.; VILLA NOVA, N.A.; MARCOS, Z. Z.; CERVellini, A. Determinação da umidade do solo pelo método das pesagens. **Anais Escola Superior Agrícola "Luiz de Queiroz"**, v. 23, p. 15-30. 1966.

KLAUS, R.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. 2. ed. Barueri, SP: Manole, 2012. 524 p.

MARQUELLI, W. A.; CARRIJO O. A.; SOUZA, R. B.; SILVA, W. L. C. **Irrigação e fertirrigação na cultura do tomate**. In: SOUSA V. F.; MARQUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 739-769.

MARQUELLI, W. A.; OLIVEIRA, A. S.; COELHO, E. F.; NOGUEIRA, L. C.; SOUSA, V. F. Manejo da água de irrigação. In: SOUSA, V. F.; MARQUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças**: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 150 p.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/338818>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

